

# ALGUNOS ASPECTOS DEL CONCURSO DEL AVION SUPERSONICO DE TRANSPORTE

Por Carlos SANCHEZ TARIFA  
Dr. Ingeniero Aeronáutico

Ha recibido una gran publicidad el resultado del concurso del avión supersónico norteamericano (SST).

Como es sabido, los contendientes eran, para las células, la Boeing con su avión de flecha variable B-2707 y la Lockheed con su avión en doble delta L-2000. Para los sistemas de propulsión contendían la General Electric con su turborreactor de flujo único y con post-combustión GE4/J5 y la Pratt and Whitney con su turborreactor de doble flujo y post-combustión en el flujo secundario JTF-17.

También ha sido ampliamente divulgado que la combinación ganadora ha sido el avión Boeing con motores General Electric.

No obstante, existen diversos aspectos de este concurso que no han sido muy divulgados y que queremos comentar en este trabajo.

Pocas veces se ha alcanzado tanta resonancia en un concurso, ni se han volcado en él tantos recursos por parte de las empresas

participantes ni han estado tan igualados. A este último respecto es sabido que las encuestas realizadas privadamente (oficialmente no estaban permitidas) daban una probabilidad del 50 por 100 para cada uno de los dos participantes.

Las casas constructoras han realizado hasta el último momento un enorme esfuerzo para ganar el concurso, dedicando lo mejor de su personal, con equipos de trabajo no inferiores a las 1 500 personas e invirtiendo considerables sumas de dinero, entre las que no debe olvidarse las muy importantes dedicadas a la propaganda.

Este esfuerzo bien merecía la pena: un mercado potencial de 25.000 a 50.000 millones de dólares y el dominio del campo supersónico de transporte civil para las próximas décadas.

Son bien conocidas las soluciones propuestas:

La Lockheed presentó un avión en doble delta, solución que pudiera clasificarse como clásica y conservadora. Esta solución es muy

eficiente en vuelo supersónico, pero deja algo que desear en vuelo subsónico.

La Boeing presentó una solución más avanzada, altamente eficiente en todos los regímenes de vuelo, pero a costa de una mayor complicación. Esta solución consiste en un ala de flecha variable. Este ala se pliega totalmente para el vuelo supersónico, quedando en forma de delta con 72° de flecha. Para las maniobras de despegue y toma de tierra el ala se despliega totalmente, en flecha de 30°, y para el vuelo de crucero subsónico adopta una posición intermedia con flecha de unos 43°.

Una solución análoga a la de la versión Boeing es la del avión de bombardeo táctico de la USAF y de la Navy F-111, construido por la General Dynamics mediante concurso, que ganó precisamente a la casa Boeing.

Hasta el último momento la elección estuvo dudosa. A nuestro juicio, han sido dos los principales factores que han contribuido

esencialmente a la selección de la Boeing.

Uno de ellos ha sido el soporte masivo que ha tenido de las líneas aéreas. Es sabido, que además de la comisión especial de selección designada por el Gobierno americano, fueron también consultadas las compañías de líneas aéreas que tenían reservada opción para la compra de aviones supersónicos, cualquiera que fuera el ganador del concurso.

Las compañías votaron masivamente en favor de Boeing (\*), simplemente por la confianza que les ofrecía esta Compañía a causa de los excelentes aviones B-707, B-720 y B-727 (y aun los B-237 y 747, en construcción o proyecto) que equipan en gran proporción las principales compañías de líneas aéreas del mundo. Esta confianza superó a la preocupación y reserva que inicialmente se manifestó por el sistema de ala en flecha variable, con temores de revisiones complicadas y aun de posibles fallos operativos. A este respecto se indica que la Boeing ha efectuado ya ensayos comprendiendo 30.000 ciclos sin fallo de la articulación del ala y mecanismo de accionamiento de la misma, lo que supone un número superior a los que se efectuarán en la vida normal de un avión.

El otro motivo que pesó en las decisiones es el del mucho mayor interés militar de la versión Boeing. Este motivo no se ha mencionado siquiera oficialmente, aunque sí ha sido comentado extraoficialmente.

La USAF lucha desde hace varios años para conseguir créditos para el AMSA (Advanced Manned Strategic Aircraft) o avión de bombardeo supersónico estratégico, sucesor del ya anticuado B-52. Es sabido que la configuración de

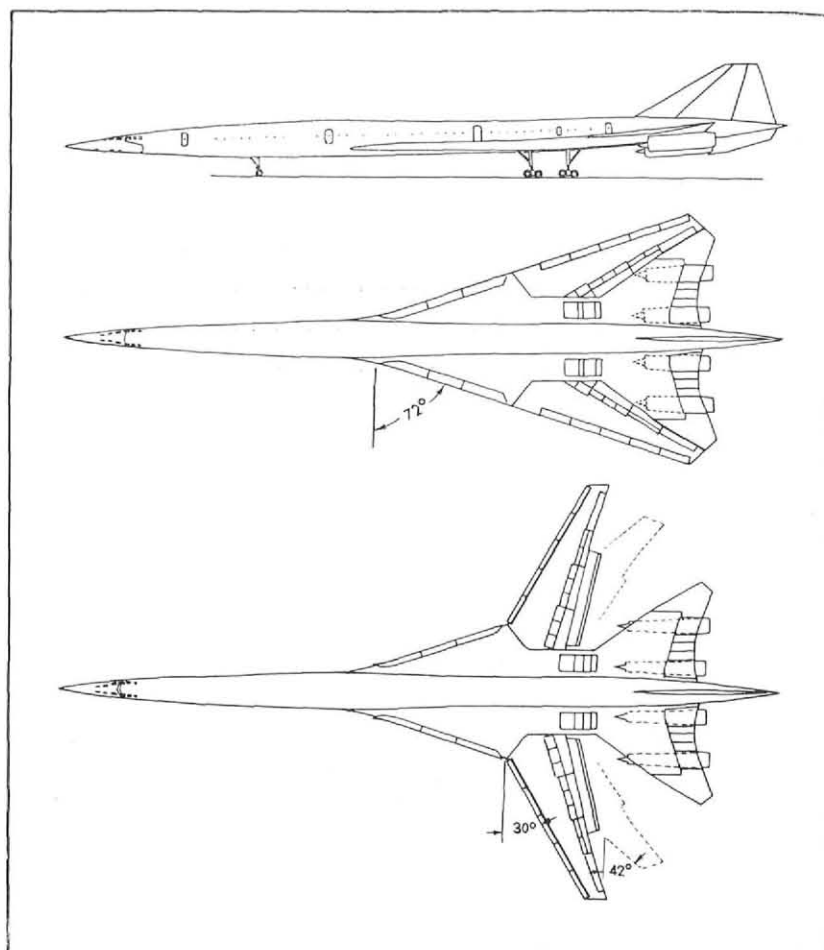


Fig. 1. — Avión Boeing B-2707.

Tipo .....	Avión con ala de flecha variable, desde 30° (despegue) a 72° (crucero supersónico). Célula de titanio y morro inclinable.
Envergadura (máx.) .....	53,1 metros.
» (mín.) .....	32,3 metros.
Longitud .....	93,3 metros.
Peso máx. al despegue...	306.000 Kg.
Carga de pago .....	34.000 Kg.
Núm. de pasajeros .....	250-350.
Vuelo en crucero .....	Mach 2,7 a unos 20.000 m. de altura, o sea, unos 2.900 Km./h.
Distancia franqueable ....	Unos 6.500 Km.

(\*) Entre estas compañías estaba Iberia, que tiene reservadas opciones de compra, pero tanto esta compañía como la de Israel se abstuvieron de emitir su voto.

este avión ha de ser en flecha variable, para aumentar su radio de acción volando en crucero subsónico sobre los océanos, plegando después las alas y pasando a vuelo supersónico sobre las defensas del enemigo.

Ya se ha sugerido que podría derivarse una versión militar del Boeing 2707, lo que sería un precedente inverso a lo que hasta ahora se ha venido haciendo, es decir, derivar normalmente las versiones civiles de los aviones militares, pero aun sin llegar a esta solución, es evidente que la experiencia que se consiga con el desarrollo del B-2707 tendrá un enorme valor para el desarrollo del futuro AMSA.

Unos cálculos previos han indicado que 100 aviones de bombardeo derivados del Boeing 2707 costarían unos cinco mil millones de dólares, mientras que una fuerza equivalente de aviones AMSA proyectada y construida directamente no costaría menos de 10 mil millones de dólares.

#### *Sistemas de propulsión.*

En los motores que concursaron ocurrió lo mismo que en los aviones en cuanto a la existencia de una solución más sencilla y tradicional frente a una solución más avanzada.

Ambos motores tienen el mismo empuje (28.000 Kg.) y pesos no muy distintos (unos 4.500 Kg.), pero sus configuraciones son por completo diferentes.

La General Electric presentó la solución típica actual del turbo-reactor supersónico: compresor de baja relación de compresión (de nueve escalones), cámara de combustión de elevada temperatura, álabes de turbina refrigerados y post-combustión para funcionamiento continuo en vuelo supersónico. El turbo-reactor incluía una solución particular típica de la Ge-

neral Electric: la utilización de álabes del estator en el compresor de incidencia variable para facilitar la regulación.

Un motor de esta clase es ligero, relativamente sencillo y altamente eficiente en vuelo supersónico, pero sus características subsónicas no son demasiado buenas.

La Pratt Whitney presentó un motor muy diferente. Consistía en un turbo-reactor de doble flujo con post-combustión en el flujo, secundarios únicamente, es decir, en el flujo accionado por el "fan" o compresor de baja relación de compresión.

Teóricamente ya se conocía desde hace bastante tiempo las ventajas que ofrecía esta solución, pero no había sido realizada hasta la fecha.

El sistema en doble flujo ofrece unas excelentes características de vuelo subsónico, teniendo el JTF-17 un consumo específico de solamente 1,1 Kg./hora Kg. de empuje a Mach 0,9 y a 11.000 metros de altura (sin post-combustión). A su vez, encendiendo el post-combustor se consiguen excelentes actuaciones supersónicas (2,0 Kg./hora Kg. de empuje a Mach 2,7 y 20.000 metros de altura).

Además, este sistema permite funcionar con temperaturas más reducidas en todo el sistema post-combustor, en comparación con el sistema usual en el que la post-combustión se efectúa con los gases calientes procedentes de la turbina. Finalmente, también es importante señalar que el nivel de ruidos en el despegue es más bajo con motor de doble flujo de esta clase que en otro convencional.

Se examinaron las dos células Lockheed y Boeing con ambos motores Pratt and Whitney y General Electric, pero en seguida se vio que la lucha se estableció entre la combinación Lockheed-Pratt and

Whitney y la Boeing-General Electric.

El L-2000 de la Lockheed necesitaba, ineludiblemente, las excelentes características subsónicas del JTF-17, del Pratt and Whitney, para compensar sus no muy buenas performances en dicha zona de vuelo. Por el contrario, al Boeing 2707 le venían mejor las excelentes características supersónicas del General Electric GE4/J5, unidas a su sencillez y menor costo que las del JTF-17.

Estas dos últimas consideraciones pesaron decisivamente. La combinación Boeing-Pratt and Whitney era en conjunto demasiado avanzada, sacrificándose a este respecto el sistema de propulsión a la célula. La preferencia de Boeing por el motor General Electric, señalada muy al final del concurso, también influyó en la decisión.

#### *Posibilidades de los perdedores.*

¿Qué posibilidades existen de que las casas perdedoras del concurso, la Lockheed y la Pratt and Whitney, decidan continuar por su cuenta los desarrollos de avión y motor, como con frecuencia ocurre en esta clase de concursos?

En el caso de la Lockheed, ninguna. Al día siguiente de hacerse pública la decisión del concurso la Lockheed disolvió el equipo de proyecto, no debiendo extrañar esta premura, pues la nómina diaria del citado equipo ascendía a 160.000 dólares. El personal fue transferido a los dos nuevos proyectos más importantes de la Lockheed: el "airbus" o avión de gran capacidad de tecnología avanzada para etapas cortas y al "air commuter" o aeronave mixta helicóptero-avión de despegue vertical, de rotor rígido y pequeña ala de sustentación en crucero, destinado a etapas cortas partiendo de helipuertos situados en las ciudades.

En el caso de la Pratt and Whit-

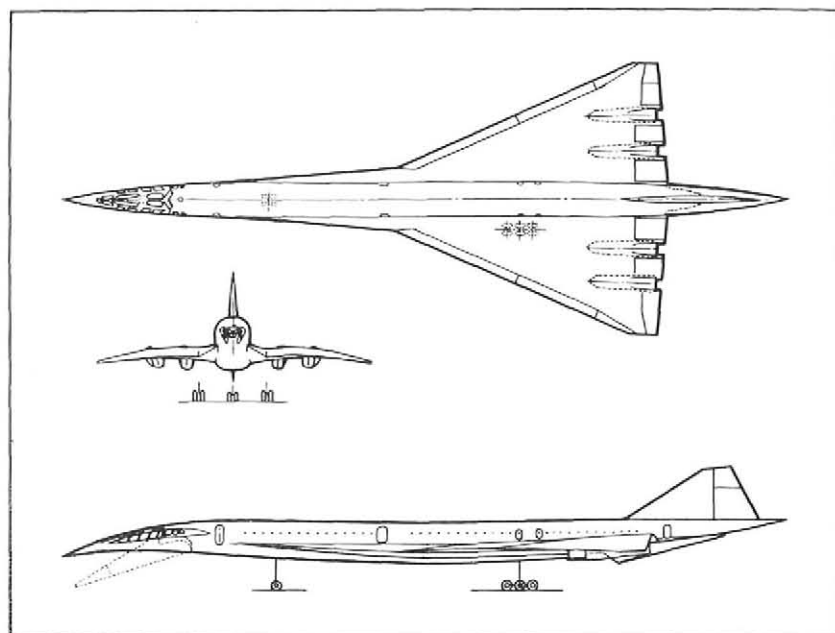


Fig. 2. — Avión Lockheed L-2000-7A.

Tipo .....	Avión doble delta de 84° de flecha la primera y 65° la segunda. Célula de titanio y morro inclinable.
Envergadura .....	35,4 metros.
Longitud .....	83,2 metros (7A). 89,4 metros (7B).
Peso máx. al despegue...	249.000 Kg. (7A).
Carga de pago .....	28.037 Kg. (7A). 31.968 Kg. (7B).
Núm. de pasajeros .....	258-293 (7A). 273-308 (7B).
Vuelo en crucero .....	Mach 2,7 a unos 20.000 m. de altura, o sea, unos 2.900 Km./h.
Distancia franqueable ....	Unos 6.500 Km.

ney el problema es diferente. Ya anunció que deseaba quedarse con uno de los tres motores prototipos, propiedad del Gobierno, para continuar por su cuenta el desarrollo a ritmo lento.

El NASA ha mostrado interés por este desarrollo y más recientemente la USAF ha demostrado un decidido interés por el asunto,

pareciendo indudable que subvencione el desarrollo de este motor.

Es natural: el JTF-17 es la versión típica de motor para un avión de bombardeo de gran radio de acción y es el turborreactor de características más avanzadas en los Estados Unidos, por lo que no era de esperar que se abandonase su desarrollo.

*Porvenir del transporte supersónico.*

¿Qué porvenir le espera al B-2707? Según los cálculos más optimistas un mercado de más de mil aviones en los próximos años, basándose estas apreciaciones en costos operacionales bajos y tolerancias a los "bang" supersónicos sobre zonas pobladas.

Estas dos últimas cuestiones constituyen la clave del éxito comercial de los aviones supersónicos, resultando en cierto modo contrapuestos.

El precio del B-2707 será enorme, cifrándose actualmente en los 40 millones de dólares. A su vez, este fabuloso precio se contrapesa por su enorme capacidad de transporte, resultando unos costos operacionales no superiores a los de los aviones subsónicos actuales, aunque sí serán más altos que los de los "Jumbo-jets" (B-747).

Esto se ha conseguido, aparte de por su alta velocidad de crucero, aumentando el tamaño y la capacidad de carga de un modo continuo desde que se inició el concurso de los SST, hasta llegar ya a ofrecer algunas versiones del B-2707 nada menos que 350 asientos.

Ahora bien, esto se ha hecho a costa de los "bangs" supersónicos, ya que, como es sabido, su intensidad crece grandemente con el peso del avión.

Este problema de los "bangs" supersónicos es posiblemente la dificultad más importante que se presenta en el desarrollo de la aviación supersónica.

La NASA aspiraba a limitar la supresión en el suelo producida por los "bangs" a unos 0,085 Kg./cm.<sup>2</sup>, lo que ya produce un sonido similar al de un

Fig. 3. — Maqueta a escala natural del Boeing 2707, en posición de alas extendidas. Poco antes de este verano hubo rumores de que la Boeing iba a presentar también una versión con ala fija, a causa de las objeciones que en principio pusieron las líneas aéreas al concepto de ala movable, pero esas objeciones han sido superadas. El ala en flecha variable proporciona excelentes cualidades para el despegue y toma de tierra, crucero subsónico y vuelo supersónico.

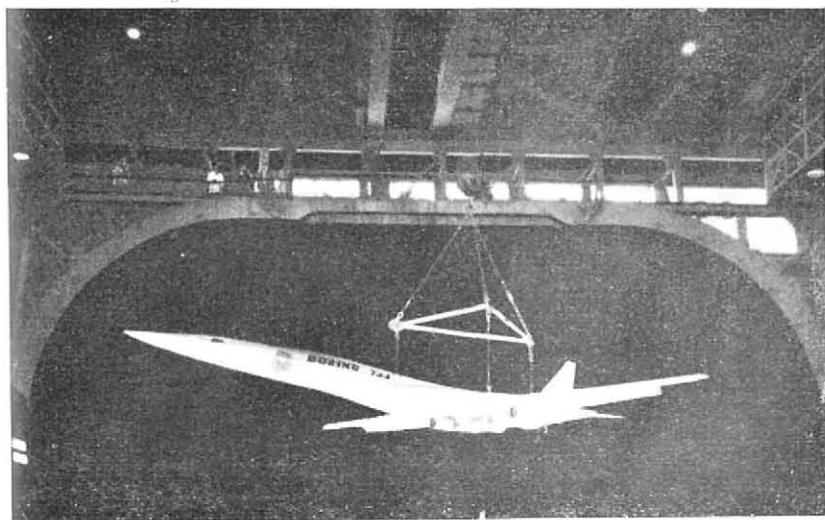


Fig. 4. — Modelo a escala 1/5 del Boeing-2707 efectuando ensayos en túnel aerodinámico. El tamaño del proyecto actual es mucho más grande que el de los diseños originales, con objeto de aumentar la carga de pago y disminuir los gastos operacionales, pero estos aumentos de tamaño supondrán mayores intensidades, que pueden ser prohibitivas, de la "bangs" sónicas.



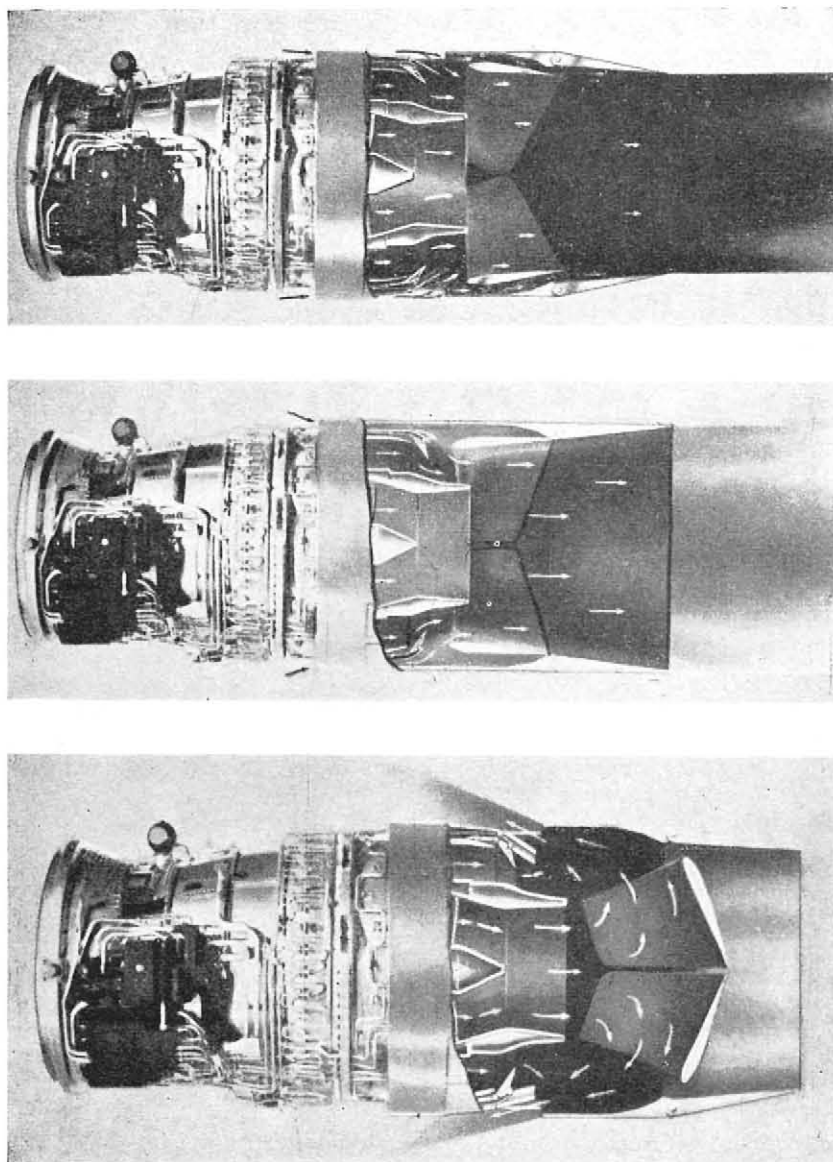


Fig. 5. — Turborreactor Prattand Whitney JTF-17: Vista superior: posición de despegue. Vista central: Crucero supersónico. Vista inferior: posición de inversión de empuje. El coste de este turboreactor, superior al de General Electric GE4/J5, y su mayor complicación le han ocasionado la pérdida del concurso. No obstante, es muy probable que continúe su desarrollo subvencionado por la USAF.

trueno muy intenso, pero se está muy lejos de poder llegar a este límite, y lo que es peor es que el problema parece insoluble.

Se está llevando a cabo actualmente un programa de experimentación sobre los "bangs" supersónicos con un North American XB-70, versión prototipo ya anticuada del AMSA, pero aún no se sabe si los "bangs" serán en cierto modo tolerables y se permitirá el vuelo supersónico sobre áreas pobladas. Caso negativo, el

mercado mundial de la aviación supersónica de gran tonelaje, como el del Boeing-2707, se reducirá en un 60 por 100 aproximadamente, ya que solamente podrían utilizarse sobre los océanos y desiertos.

A este respecto, el Boeing-2707 ofrece la ventaja de poder efectuar etapas cortas subsónicas tan eficientemente como con un avión subsónico actual (claro que con un avión siete veces más costoso).

Finalmente, señalaremos que el despliegue de las alas del Boeing

también será útil cuando se anuncie una tormenta solar de protones, peligrosas por su radiación a las alturas de crucero del vuelo supersónico, que son superiores a los 20.000 metros. Estas radiaciones solares habrá que evitarlas descendiendo hasta diez o doce mil metros y continuando el vuelo a velocidad subsónica, lo que reduciría peligrosamente el radio de acción en un avión supersónico de constitución geométrica invariable.

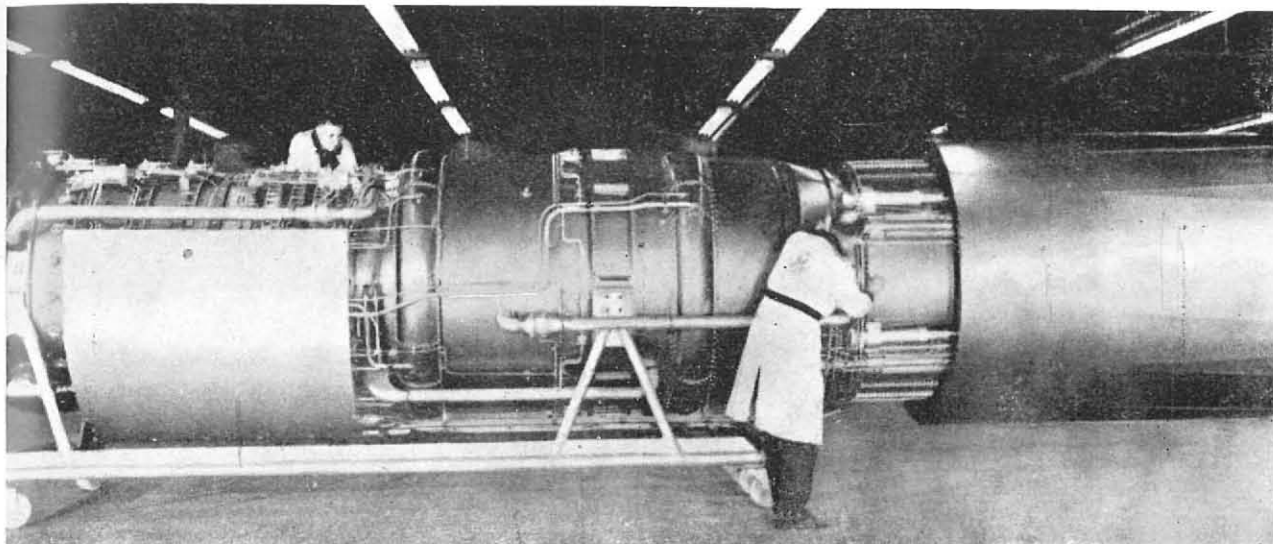


Fig. 6. — Fotografía del General Electric GE4/J5. Más sencillo y económico que el JTF-17 ha sido el ganador del concurso. Es más largo (la mitad de un DC-3) y de menor sección frontal que el JTF-17.

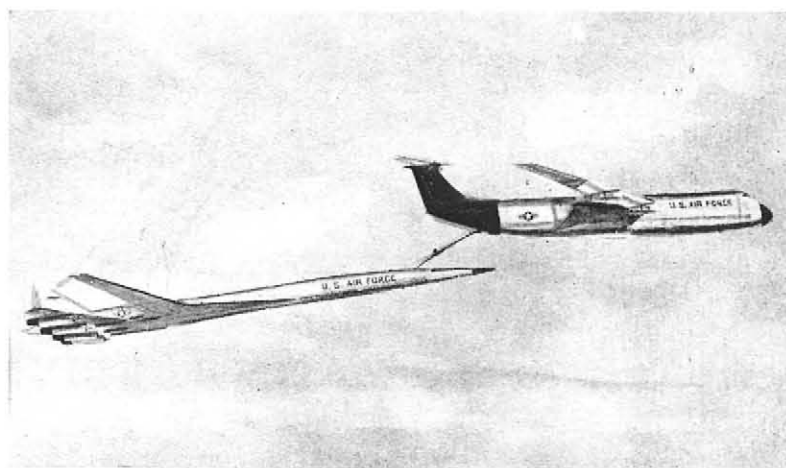


Fig. 7. — Comienza a especularse con la realización de una posible versión militar de bombardeo estratégico del Boeing-2707.

#### *Referencias.*

*Interavia*: Núm. 12, 1966.  
*Aviation Week*: diversos números.

*Aerospace International*: diversos  
números.